

Measurement of W-Photon and Z-Photon couplings in 1.8-TeV Proton-Antiproton collisions

著者	Sato Hiroyuki
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 1762, 1997.10.31
発行年	1997
URL	http://hdl.handle.net/2241/5336

氏 名(本 籍)	佐 藤 博 之 (福 島 県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1,762 号
学位授与年月日	平成 9 年 10 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Measurement of W-Photon and Z-Photon Couplings in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions (重心系エネルギー 1.8 TeV の陽子・反陽子衝突実験における W 粒子・光子間および Z 粒子・光子間の結合定数の測定)
主 査	筑波大学教授 理学博士 滝 川 紘 治
副 査	筑波大学教授 理学博士 岩 崎 洋 一
副 査	筑波大学教授 理学博士 近 藤 都 登
副 査	筑波大学教授 理学博士 金 信 弘

論 文 の 内 容 の 要 旨

この論文は、重心系エネルギー 1.8 TeV の陽子・反陽子衝突における W 粒子・光子随伴生成ならびに Z 粒子・光子随伴生成を観測し、W 粒子・光子間および Z 粒子・光子間の結合定数を測定した研究に関するものである。

電弱相互作用の標準模型の理論では、W 粒子、Z 粒子、および光子は基本的なゲージ粒子として導入され、それらの間の結合は規定されている。一方、ローレンツ不変性と電磁相互作用のゲージ対称性と矛盾しない範囲では、 $WW\gamma$ 、 $ZZ\gamma$ 、 $Z\gamma\gamma$ バークテックスにはそれぞれ新たに 4 個の結合（運動量に依存する形状因子）が現れてもよい。これらの異常結合に関する情報は、W 粒子または Z 粒子とともに光子が生成される事象を観測することにより、引き出すことができる。

実験は、米国フェルミ国立加速器研究所のテバトロン加速器において CDF 検出器 (Collider Detector at Fermilab) を用いて行われ、1994 年から 1995 年にかけて積算ルミノシティ 87 pb^{-1} のデータを収集した。そのデータの中から、W 粒子のミューオンとニュートリノへの崩壊、Z 粒子のミューオン対への崩壊を用いて、W 粒子または Z 粒子が生成されている事象をまず最初を選択した。ミューオンの検出は、CDF のミューオン検出器と中央飛跡検出器を用いて行った。ニュートリノは、消失横方向エネルギーを測定して、その横方向運動量を推定した。

次に、これらの W 粒子生成、Z 粒子生成のサンプルの中から、中央ラピディティ領域に横方向エネルギー 7 GeV 以上の孤立した光子を伴っている事象を選択した。光子の同定は、中央電磁カロリメーター、ストリップ・ワイヤー・チェンバー、中央飛跡検出器を用いて行った。その結果、47 個の $W\gamma$ 候補事象と 17 個の $Z\gamma$ 候補事象が得られた。

これらの候補事象に対する主なバックグラウンドは、W または Z 粒子が生成されるとき強い相互作用によりグルーオンやクォークを伴って生成され、それらがジェットになるときパイゼロやエータ中間子に破碎して、誤って光子として同定されてしまった事象である。この QCD バックグラウンドは実験データから評価した。すなわち、CDF 実験で同時に取られた光子+ジェットのコントロール・サンプルを用いて、ジェットが誤って光子として

同定されてしまう確率を求めた。その際、ジェットと光子のエネルギーを測定するのに使用するクラスター・サイズの違いを考慮して、誤同定確率をジェットの横方向エネルギーと光子の横方向エネルギーの関数として求めた。このようにして求めた誤同定確率を、 W +ジェット、 Z +ジェット事象内のジェット数に掛けてやることにより、QCD バックグラウンドを評価した。その他のバックグラウンドは W 粒子、 Z 粒子の誤同定に関する小さなものであり、モンテカルロ・シミュレーションによって評価した。

バックグラウンドを差し引いた結果、 $W\gamma$ 生成が $29.8 \pm 7.0 \pm 3.5$ 事象、 $Z\gamma$ 生成が $15.9 \pm 4.1 \pm 0.3$ 事象残った。ここで、最初の誤差は統計誤差、2 番目の誤差は系統誤差である。これらの事象数は、標準模型から期待される値、 $W\gamma$ 生成が $31.5 \pm 2.6 \pm 3.1$ 事象、 $Z\gamma$ 生成が $14.7 \pm 0.9 \pm 1.4$ 事象と良く一致している。

実験で観測された候補事象の光子の横方向エネルギー分布は、標準模型の予測にバックグラウンドを加えたシミュレーションの分布と良く一致している。結合定数の値を標準模型の予言値から変化させたときの光子の横方向エネルギー分布を観測された分布と比較することにより、異常結合定数に対する上限値を求めた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

W 粒子・光子間および Z 粒子・光子間の結合定数の測定は、 W 粒子や Z 粒子が電弱相互作用の標準模型で規定されるようなゲージ粒子であることの直接的な検証になるものである。この論文は、最新の 1.8 TeV 陽子・反陽子衝突における W 粒子・光子および Z 粒子・光子随伴生成事象を解析し、観測された事象数ならびに光子の横方向エネルギー分布が標準模型の予測と一致することを示し、 $WW\gamma$ 、 $ZZ\gamma$ 、 $Z\gamma\gamma$ 異常結合に対する上限値を導いたものであり、素粒子物理学の分野に貢献するところが大きい。

研究はグループによる共同研究であるが、著者は、 W 粒子・光子および Z 粒子・光子随伴生成のモンテカルロ・シミュレーションによる検討の後、陽子・反陽子衝突の本実験への参加してデータを取得し、その後、データの解析を独力で行った。陽子・反陽子衝突における W 粒子・光子および Z 粒子・光子随伴生成の解析で最も重要なのは、QCD バックグラウンドの推定である。本論文で述べられている方法（ジェットと光子のエネルギーを測定するのに使用するクラスター・サイズの違いを考慮して、誤同定確率をジェットの横方向エネルギーと光子の横方向エネルギーの関数として求めてバックグラウンドを推定する）は、著者独自のアイディアによるものである。著者は、このアイディアをもとに、注意深い解析を行い、重要な実験結果を得たものであり、この研究は高く評価される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。